

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA

ENSINANDO QUÍMICA ATRAVÉS DA FERMENTAÇÃO DA CERVEJA: A  
CONSTRUÇÃO DA PARCERIA ENTRE O LICENCIANDO (IQ/UFRJ) E A  
PROFESSORA REGENTE (CEFET QUÍMICA)

Santiago V. Marinho

Orientadoras: MSc. Elisa Prestes Massena (PPGE/FE/UFRJ)

MSc. Juliana do Nascimento Rangel (EDD/FE/UFRJ)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA

ENSINANDO QUÍMICA ATRAVÉS DA FERMENTAÇÃO DA CERVEJA: A  
CONSTRUÇÃO DA PARCERIA ENTRE O LICENCIANDO (IQ/UFRJ) E A  
PROFESSORA REGENTE (CEFET QUÍMICA)

Santiago V. Marinho

Monografia apresentada ao  
curso de Licenciatura em  
Química do Instituto de  
Química da Universidade  
Federal do Rio de Janeiro  
como requisito final à  
obtenção do título de  
Licenciado em Química.

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA

Folha de Aprovação

Curso: Licenciatura em Química.

Licenciando: Santiago Vieira Marinho.

Título da Monografia: Ensinando Química através da fermentação da cerveja: a construção da parceria entre o licenciando (IQ/UFRJ) e a professora regente (CEFET Química)

Orientadoras:

-----

MSc. Elisa Prestes Massena (PPGE/FE/UFRJ)

-----

MSc. Juliana Rangel do Nascimento (EDD/FE/UFRJ)

Banca Examinadora:

-----

Prof. Dr. João Massena Melo Filho (DQI/IQ/UFRJ)

-----

Prof. Dr. Ricardo Cunha Michel (IMA/UFRJ)

Para meu filho, Thiago Souza  
Marinho, que enche minha  
alma de amor e não me permite  
deixar de sonhar.

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, porque sem Ele eu nada seria. Gostaria de agradecer a meus pais pelo carinho, dedicação e amor. Gostaria de agradecer a minha esposa e meu filho pela paciência e carinho demonstrados. Gostaria de agradecer aos meus orientadores, professora Elisa Massena e Juliana Rangel, pela paciência, pelas preciosas orientações e pelo tempo dedicado. Gostaria de agradecer aos professores João Massena e Ricardo Michel por terem carinhosamente aceitado participar, como professores examinadores deste trabalho e pelas contribuições dadas. Gostaria de agradecer a Universidade Federal do Rio de Janeiro e todos os professores e funcionários, por todo o aprendizado e formação. Gostaria de agradecer por último, mas não menos importante, à CEFET Química e a professora Denise Bello, que me receberam carinhosamente e me permitiram a realização deste trabalho.

## Sumário

1. Introdução -----	1
2. Fundamentos Teóricos sobre o Processo de Produção de Cerveja -----	4
2.1 Breve Histórico -----	4
2.2 Definição -----	5
2.3 Matérias-primas -----	6
2.3.1 Água -----	6
2.3.2 Malte -----	7
2.3.3 Lúpulo -----	8
2.4 Mosto Cervejeiro -----	10
2.5 A Fermentação do Mosto Cervejeiro -----	13
2.5.1 Levedura Cervejeira -----	14
2.5.2 Produtos de excreção da Levedura -----	17
2.5.3 Principais classes de microorganismos alteradores da cerveja -----	19
3. Objetivo Geral -----	22
4. Objetivos Específicos -----	22
5. Metodologia -----	22
6. Desenvolvimento do Tema e do Experimento na sala de aula e no laboratório-----	24
6.1 O consumo de álcool na juventude-----	27
7. Resultados e discussão -----	29
8. Conclusões -----	33
9. Considerações finais -----	34
10. Anexos -----	36
10.1 Seminário apresentado para os alunos do 7º e 8º períodos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade Maracanã, do Curso Técnico de Alimentos e Biotecnologia -----	36
10.2 Roteiro da Prática de fermentação de cerveja tipo Ale realizada por grupos de alunos do curso Técnico de Alimentos, nos laboratórios do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade Maracanã -----	37
10.3 Medição de Extrato Aparente pelo Sacarímetro -----	39
10.4 Prova de Iodo -----	40
10.5 Análise Sensorial -----	40
10.6 Questionário sobre fermentação de cerveja, aplicado aos grupos de alunos do curso Técnico em Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade Maracanã -----	41
11. Referências -----	43

## Lista de Figuras

FIGURA 1: Pictograma de um desenho encontrado em Tepe Gawra, na Mesopotâmia, datada de 4000 a.C. Mostra duas pessoas bebendo cerveja, com auxílio de canudos, em um grande jarro de barro -----	5
FIGURA 2: Matérias-primas -----	6
FIGURA 3: Humulona -----	8
FIGURA 4: Isohumulona -----	8
FIGURA 5: Levedura cervejeira ( <i>Sacharomices Cerevisae</i> ) -----	15

## Lista de Tabelas

TABELA 1: Substâncias presentes em lúpulos comerciais que influenciam o sabor da cerveja. -----	9
TABELA 2: Aspectos de diferenciação entre as características de <i>Saccharomices Cerevisae</i> e <i>S. Uvarun</i> . -----	17
TABELA 3: Resultados das análises das cervejas realizadas pelos quatro grupos de alunos -----	30
TABELA 4: Respostas apresentadas pelos quatro grupos de alunos referentes ao questionário aplicado durante aula prática sobre fermentação de cerveja -----	30
TABELA 5: Lista dos termos descritivos para análise sensorial de cervejas com suas respectivas definições e referências. -----	40



## **Resumo**

Este trabalho teve como objetivo possibilitar, por meio da parceria entre um licenciando com vasta experiência na indústria cervejeira e a professora regente de um curso técnico de Alimentos e Biotecnologia, que ministra aulas na disciplina de Tecnologia das Fermentações, a realização de atividades em que fosse possível que estudantes destes cursos vislumbrassem como se daria sua futura inserção profissional. Além de também levantar questões, como o debate sobre o consumo de álcool na juventude e a relação desta temática com o ensino da Química. Acreditamos que a escola deve estar integrada com a formação geral do aluno, preparando também para o mercado competitivo de trabalho, atentando para os problemas sociais existentes no nosso país. Assim o trabalho enfocou o processo de fermentação de uma bebida largamente consumida no Brasil, a cerveja, e os riscos do consumo excessivo desta bebida para os jovens. A cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. No Brasil, estudos indicam que a cerveja faz parte de um mercado em crescimento no país, e é responsável pela produção de cerca de 10 bilhões de litro por ano, colocando o Brasil como o quarto produtor mundial de cerveja. Mesmo assim, só existe no país uma escola que prepara jovens para esse mercado de trabalho, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, unidade de Vassouras. Este trabalho foi realizado em parceria com o Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ (CEFET QUÍMICA), onde se realizou uma prática de produção de cerveja em laboratório, na qual os alunos tiveram contato direto com o processo de produção do mosto cervejeiro e de algumas análises básicas para controle de qualidade do processo, da levedura e da matéria-prima utilizada para fabricação da cerveja. Como se trata de uma bebida alcoólica, abordamos, também, os perigos da ingestão sem responsabilidade e em demasia do álcool, com o objetivo de buscar uma conscientização por parte dos alunos.

## 1. Introdução

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM),

a consolidação do Estado democrático, as novas tecnologias e as mudanças na produção de bens, serviços e conhecimentos exigem que a escola possibilite aos alunos integrarem-se ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho. (BRASIL, 2000, p. 72)

Ainda segundo este documento, nas décadas de 60 e 70, considerando o nível de desenvolvimento de industrialização na América Latina, a política educacional vigente priorizou como finalidade para o Ensino Médio, a formação de especialistas capazes de dominar a utilização de maquinarias ou de dirigir processos de produção. Esta tendência levou o Brasil, na década de 70, a propor a profissionalização compulsória, estratégia que também visava diminuir a pressão da demanda sobre o Ensino Superior. Na década de 90, enfrentamos um desafio de outra ordem. O volume de informações produzido em decorrência das novas tecnologias é constantemente superado, colocando novos parâmetros para a formação dos cidadãos. Não se trata apenas de acumular conhecimentos. (BRASIL, 2000).

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1998), a formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. O Ensino Médio é a etapa final de uma educação de caráter geral afinada com a contemporaneidade, com a construção de competências básicas, que situem o educando como sujeito produtor de conhecimento e participante do mundo do trabalho, e com o desenvolvimento da pessoa, como “sujeito em situação” – cidadão. Nessa concepção, a Lei nº 9.394/96 muda no cerne a identidade estabelecida para o Ensino Médio contida na referência anterior, a Lei nº 5.692/71, cujo 2º grau se caracterizava por uma dupla função: preparar para o prosseguimento de estudos e habilitar para o exercício de uma profissão técnica.

Em suma, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação – Lei 9.394/96 estabelece uma perspectiva para esse nível de ensino que integra numa mesma e única modalidade, finalidades até então dissociadas, para oferecer de forma articulada, uma educação equilibrada com funções equivalentes para todos os educandos. Propõe-se, no nível do Ensino Médio, a formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização. São estes os

princípios mais gerais que orientam a reformulação curricular do Ensino Médio e que se expressam na nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação – Lei 9.394/96.

Um exemplo de escola inserida nesse contexto da nova lei é o Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – RJ (CEFETQuímica). O CEFETQuímica é uma escola técnica, com sede no município de Nilópolis e uma unidade no Maracanã – Rio de Janeiro, que fornece educação profissional técnica de nível médio, com base na disciplina de Química e que segundo explicação da própria escola é exemplo de curso de formação de qualidade, que tem como principal missão “[...] formar cidadãos nos vários níveis e modalidades de ensino, capacitando-os para atuar em diferentes áreas profissionais e contribuindo assim, para o desenvolvimento educacional, científico, tecnológico, social e econômico do país”. A escola iniciou suas atividades de ensino em 1945, com a criação do curso técnico de Química Industrial. Com seu espírito inovador e às vistas sempre voltadas para o desenvolvimento tecnológico do país, implantou novos cursos que visassem o atendimento das exigências do mercado de trabalho e das novas tecnologias desenvolvidas. Atualmente os cursos técnicos oferecidos são: Alimentos, Biotecnologia, Controle Ambiental, Laboratório de Farmácia, Meio Ambiente, Metrologia e Química.

De acordo com Tiedemann (1998)

o objetivo do ensino da Química no nível médio é mostrar aos alunos o desenvolvimento da moderna sociedade tecnológica e permitir que compreendam questões importantes, como as ligadas ao meio ambiente, energia, avanços médicos, etc; habilitando-os a exercer a cidadania.(TIEDEMANN, 1998, p. 17)

Um modo de se tentar atingir este objetivo seria levar para a sala de aula experimentos que estejam relacionados com o cotidiano do aluno, como os processos que envolvem transformações bioquímicas ou até mesmo a discussão de questões sociais como o consumo de bebidas alcoólicas, com o objetivo de prevenir o alcoolismo na adolescência e na fase adulta. Como exemplo de experimento que podemos utilizar em sala de aula baseado nos conceitos da reformulação do Ensino Médio, podemos citar a fermentação. Isto porque os alunos têm algum contato com alimentos ou bebidas fermentadas, ou simplesmente já consumiram algum desses produtos. Correa e colaboradores (2004) apontaram a importância da Bioquímica como um nicho interdisciplinar explícito a ser estabelecido entre a Química e a Biologia. Foi ressaltado ainda que, apesar disso, as discussões bioquímicas ocorrem superficialmente no Ensino Médio devido a falta de material didático que explore adequadamente essa interação.

Segundo o PCNEM (BRASIL, 1999, p. 242), o aprendizado de Química no Ensino Médio: “[...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas”. Dessa forma, os estudantes podem “[...] julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia, e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos”.

Nas sociedades tradicionais, a estabilidade da organização política, produtiva e social garantia um ambiente educacional relativamente estável. Agora, a velocidade do progresso científico e tecnológico e da transformação dos processos de produção torna o conhecimento rapidamente superado, exigindo-se uma atualização contínua e colocando novas exigências para a formação do cidadão. A revolução tecnológica, por sua vez, cria novas formas de socialização, processos de produção e, até mesmo, novas definições de identidade individual e coletiva (BRASIL, 1999).

A humanidade está em constante mudança e novas tecnologias surgem todos os dias, sendo necessário estarmos atentos, promovendo a constante qualificação e formação de professores e alunos, visando sempre o desenvolvimento em todos os âmbitos de nosso país. Acreditamos que uma das formas de se verificar as mudanças que ocorrem em um país é com a observação da economia, do mercado de trabalho que se está formando e com as novas tecnologias que são apresentadas. Um dos exemplos de mercado em crescimento, no Brasil, é o da cerveja. De acordo com o Sindicato Nacional das Indústrias de Cerveja,

o Brasil é o quarto maior produtor de cerveja, perdendo apenas para China, Estados Unidos e Alemanha. O consumo da bebida no Brasil, em 2007, apresentou crescimento em relação ao ano anterior, totalizando 10,34 bilhões de litros. Quanto ao consumo per capita, no entanto, o Brasil, com uma média de 47,6 litros/ano por habitante, está abaixo do total registrado por vários países como México (50 litros/ano) e Japão (56 litros/ano), colocando o Brasil na nona colocação. Espera-se crescimento de 4,5% ao ano até 2009. Este número é muito expressivo, principalmente porque, entre 1995 e 2004, o aumento foi só de 5,9% (SINDICERV, 2008, p. 3).

Este trabalho não tem a intenção de induzir jovens ao alcoolismo, mas os dados acima demonstram que existe no Brasil um mercado em crescimento que deve ser analisado e explorado. Todos os anos surgem, no Brasil, novas marcas de cerveja e juntamente com isso mais emprego, entretanto, ironicamente, na América Latina, mais especificamente no Brasil, aliás no Estado do Rio de Janeiro, só existe uma única escola profissionalizante que prepara profissionais para esse mercado de trabalho, o Serviço Nacional de Aprendizagem

Industrial (SENAI), no município de Vassouras. Os cursos profissionalizantes das áreas de Tecnologia das Fermentações, nesta Escola, são pagos podendo chegar até R\$ 14.000,00, financiados principalmente pelas grandes cervejarias (SENAI-RJ, 2007).

## **2. Fundamentos Teóricos sobre o Processo de Produção de Cerveja**

### **2.1 Breve Histórico**

De acordo com Standage (2005) desde o surgimento dos seres humanos “anatomicamente modernos”, ou *Homo sapiens sapiens*, há cerca de 150 mil anos na África, a água era a bebida básica da humanidade. Líquido de primordial importância representa até dois terços do corpo humano, e nenhuma vida na Terra pode existir sem ele. Mas com a mudança do estilo de vida de caça e coleta para um mais sedentário, os homens vieram a contar com uma nova bebida derivada de cevada e trigo, as primeiras plantas intencionalmente cultivadas. Esta tornou-se o núcleo central da vida social, religiosa e econômica, e foi a principal bebida das primeiras civilizações. Foi a primeira a ajudar a humanidade ao longo do caminho para o mundo moderno: a cerveja.

Não se sabe exatamente quando a primeira cerveja foi fermentada. É quase certo que não havia cerveja antes de 10000 a.C., mas ela já estava espalhada pelo Oriente Médio na altura de 4000 a.C., quando aparece num pictograma da Mesopotâmia – região que atualmente corresponde ao Iraque – que retrata duas pessoas tomando cerveja com canudos de junco num grande jarro de cerâmica, representado na Figura 1. Conforme esclarece Standage (2005, p. 16), “a cerveja antiga tinha grãos, palhas e outros fragmentos flutuando na superfície, daí por que um canudo era necessário para se evitar engoli-los”.

Como os primeiros exemplos de escrita só aparecem por volta de 3400 a.C., os documentos iniciais não podem projetar uma luz direta sobre as origens da cerveja. O que está claro, porém, é que seu surgimento esteve diretamente associado com a domesticação dos cereais de que era feita e a adoção da agricultura. O surgimento da cerveja veio a existir durante um período turbulento da história da humanidade, que testemunhou a mudança de um estilo de vida nômade para um mais fixo, seguida por um repentino aumento da complexidade social, manifestada de forma mais impressionante pelo surgimento das cidades. Standage (2005) cita em seu trabalho que a cerveja é uma relíquia líquida da pré-

história do homem, e suas origens estão fortemente entrelaçadas com as próprias origens da civilização.



**Figura 1:** Pictograma de um desenho encontrado em Tepe Gawra, na Mesopotâmia, datado de 4000 a.C. Mostra duas pessoas bebendo cerveja, com auxílio de canudos, em um grande jarro de barro.

## 2.2 Definição

A definição de cerveja presente no Diário Oficial (1997) é que

a cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. O malte de cevada usado na elaboração de cerveja e o lúpulo poderão ser substituídos por seus respectivos extratos (D.O., 1997, p. 19553).

Parte do malte de cevada poderá ser substituídos por cereais maltados ou não, e por carboidratos de origem vegetal transformados ou não, ficando estabelecido que:

- a) os cereais referidos são a cevada, o arroz, o trigo, o centeio, o milho, a aveia e o sorgo, todos integrais, em flocos ou a sua parte amilácea;
- b) a quantidade de carboidratos (açúcar) empregado na elaboração de cerveja, em relação ao extrato primitivo, não poderá ser superior a 15% na cerveja clara;
- c) na cerveja escura, a quantidade de carboidrato (açúcar), poderá ser adicionada até 50%, em relação ao extrato primitivo, podendo conferir ao produto acabado as características de adoçante;
- d) na cerveja extra o teor de carboidratos (açúcar) não poderá exceder a 10% do extrato primitivo;

e) os cereais ou seus derivados serão usados de acordo com a classificação da cerveja quanto a proporção de malte e cevada em peso, sobre o extrato primitivo, estabelecido;

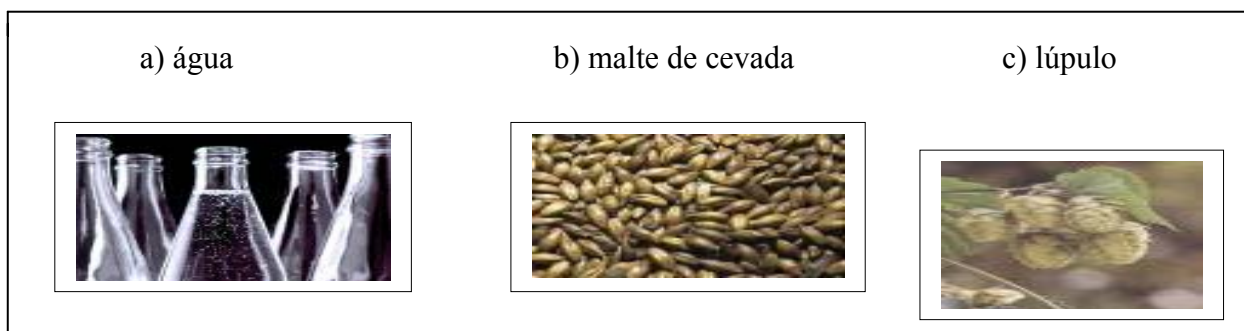
f) carboidratos transformados são os derivados da parte amilácea dos cereais obtidos através de transformações enzimáticas;

g) os carboidratos (açúcares) de que tratam os itens “b”, “c” e “d”, são a sacarose (açúcar refinado ou cristal), açúcar invertido, glicose, frutose, maltose.

## 2.3 Matérias-primas

Para produzir a cerveja são três os elementos fundamentais: a) água, b) malte e c) lúpulo (Figura 2). Em alguns países, adotam-se outros cereais como milho, arroz, trigo e alta maltose, em substituição parcial ao malte. Tal procedimento é realizado em vários países com exceção da Alemanha, onde a produção de cerveja segue uma lei antiga, *Reinheitsgebot*, ou lei da pureza, segundo a qual para a produção dessa bebida apenas três insumos são permitidos: água, malte e lúpulo. Até hoje, nesse país, essa lei está em vigor e determina os procedimentos permitidos na indústria cervejeira.

Como exemplo do complemento do malte, pode ser adicionado o açúcar, em pequenas quantidades, normalmente sendo usado pelas cervejarias o *high maltose syrup* (xarope de alta maltose).



**Figura 2.** Matérias-primas.

### 2.3.1 Água

A água é o maior constituinte da cerveja e a sua qualidade está relacionada à qualidade do produto final. Os sabores e aromas da cerveja são diretamente dependentes dos sais minerais presentes na água usada para o preparo do mosto. Por exemplo, foram

encontradas diferenças entre cervejas produzidas em famosas cervejarias em Pilsen, Dortmund, Munique e Dublin devido à composição mineral de suas águas. A presença de carbonatos e sulfatos de cálcio e magnésio exerce forte influência no amargor. Baixas concentrações de sulfato de cálcio e maior de bicarbonatos permitem a produção de cervejas mais doces que possuem menor adstringência (cervejas de Munique e Dublin). Já a presença de cloretos e bicarbonatos resulta numa cerveja mais doce e mais maturada.

De acordo com Kunze (2006), a água para cerveja deve cumprir os requisitos básicos de uma água potável, isto é, incolor, inodora, livre de substâncias turvadoras e livre de microorganismos patogênicos. A tecnologia do tratamento de águas evoluiu de tal forma que, em tese, é possível adequar a composição de qualquer água às características desejadas. Isso porque alterar a composição salina da água é normalmente muito caro, motivo pelo qual as cervejarias ainda hoje consideram a qualidade da água disponível como fator determinante para a instalação de suas fábricas.

### **2.3.2 Malte**

O malte utilizado em cervejaria é obtido a partir de cevadas de variedades selecionadas especificamente com essa finalidade. A cevada é uma planta da família das gramíneas – parente próximo do trigo – e sua cultura é efetuada em climas temperados. Segundo a Associação Brasileira de Cervejeiros e Malteiros (COBRACEM, 2007), no Brasil, é produzida em algumas partes do Rio Grande do Sul durante o inverno. Entretanto, na América do Sul, a Argentina é o principal produtor.

Antes de se utilizar a cevada no processo de produção da cerveja, é necessário que ocorra a malteação do grão, para ativação e produção de enzimas importantes para o processo cervejeiro. No processo de maltagem os grãos (sementes) de cevada são armazenados em silos, sob condições controladas de temperatura e umidade, aguardando o envio para a maltaria – indústria que faz a transformação da cevada em malte. Este processo consiste, basicamente, em colocar o grão de cevada em condições de temperatura e umidade favoráveis à germinação e interromper o processo tão logo o grão tenha germinado. Nessa fase, o amido do grão apresenta-se em cadeias menores que na cevada, o que o torna menos duro e mais solúvel. Simultaneamente, no interior do grão, formam-se enzimas que são fundamentais para o processo de fabricação da cerveja. A germinação é então interrompida por secagem a temperatura controlada, de modo a reduzir o teor de umidade sem destruir as



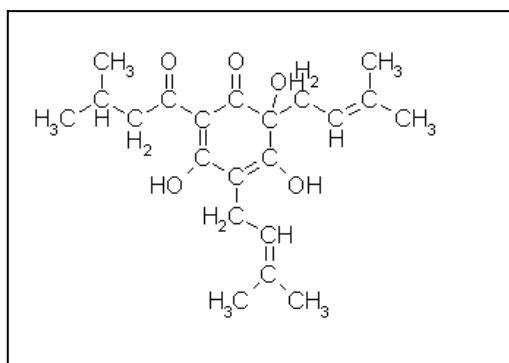
enzimas formadas.

O tratamento térmico do malte modifica sua coloração de maneira que há maltes claros, escuros e tons intermediários. A cor do malte é determinante para definir a cor da cerveja. Há no mercado diversas qualidades de malte e os cervejeiros misturam proporcionalmente algumas delas para produzir cervejas das colorações desejadas.

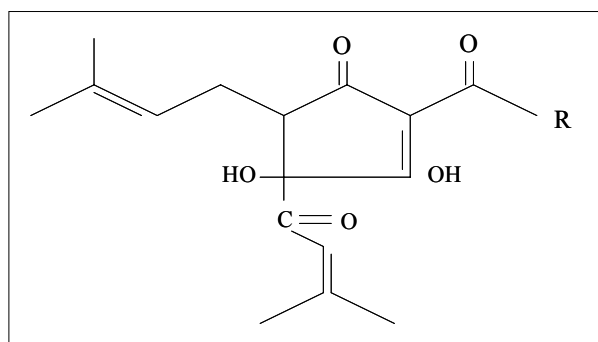
Malte, portanto, é o grão de cevada que foi submetido a um processo de germinação controlada para desenvolver enzimas e transformar o amido em açúcares fermentescíveis.

### 2.3.3 Lúpulo

Segundo Kunze (2006) o lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma trepadeira perene, cujas flores fêmeas não fecundadas apresentam grande quantidade de resinas amargas e óleos essenciais, os quais conferem à cerveja o sabor amargo e o aroma que caracterizam a bebida. A Tabela 1 lista as substâncias no lúpulo que podem influenciar o sabor da cerveja. No lúpulo as resinas ácidas, alfa e beta, são os compostos mais desejados constituintes do lúpulo. A Humulona (Figura 3) é geralmente escolhida como a resina ácida representativa, embora a cohumulona e adhumulona sejam essencialmente equivalentes. No tanque de fervura os polifenóis são extraídos do lúpulo, ocorrendo a isomerização de grande parte destes compostos, sendo o amargor da isohumulona, isocohumulona e isoadhumulona (Figura 4) que contribuem bastante para o sabor e aroma da cerveja.



**Figura 3.** Humulona



**Figura 4.** Isohumulona

De acordo com Kunze (2006) o lúpulo contém 0,5 a 1,2 % de óleos essenciais do lúpulo, que se dividem em compostos que contém hidrocarbonetos e compostos orgânicos que contém oxigênio. Os óleos essenciais do lúpulo só podem ser detectados por meio de ensaios cromatográficos em fase gasosa e são fortes produtores de aroma, podendo exercer

influência no aroma da cerveja a baixas concentrações (0,3 – 0,5 ppm). Outros terpenos oxigenados são álcoois, aldeídos, ácidos e ésteres de terpenos hidrocarbonetos e fragmentos de terpenos. Os produtos resultantes da oxidação dos hidrocarbonetos terpenos conferem sabor mais agradável que os componentes do lúpulo, muito desejados na cerveja. Entretanto, em níveis elevados eles mascaram outros aromas. O tanque de fervura é útil na evaporação ou oxidação desses materiais, deixando a concentração residual desejada.

**Tabela 1.** Substâncias presentes em lúpulos comerciais que influenciam o sabor da cerveja

Substância	Concentração em lúpulo (%)	Efeito do Sabor na cerveja
Resinas amargas	6 - 17	
Ácidos alfa Humulona Cohumulona Adhumulona	5 - 8	Amargor
Ácidos Beta Lupulona Colupulona Homolupulona	7 - 10	Amargor
Hidrocarbonetos	0,2 – 0,6	
Mirceno Pinenos Cariopilenos Farneceno Humuleno	0,1 – 0,3 0,003 – 0,005 0,05 – 0,08 0,07 – 0,1 0,08 – 0,15	Aromáticos (terpenos)
Ésteres oxigenados		Floral
Taninos		
Lipídios e Graxos		Aspereza, adstringência

Fonte: Kunze (2006, p. 64)

Como visto nas Figuras 3 e 4, o lúpulo tem compostos que possuem insaturações e, portanto, se modificam na presença de luz. São duplas ligações que se rompem, mudando a composição dos compostos de humulona.

A forma mais comum de utilização do lúpulo é em *pellets*, que são pequenas pelotas obtidas a partir da prensagem das flores. Consegue-se, assim, reduzir substancialmente os volumes de lúpulo a transportar, mantendo-se as características originais e puras das flores. Outra forma freqüente de emprego do lúpulo é como extrato, sendo uma forma segura de armazenamento por evitar alterações físico-químicas. Neste caso o seu uso potencializa ainda mais o amargor.

## **2.4 Mosto Cervejeiro**

O mosto cervejeiro foi definido por Varnam & Sutherland (1993), como sendo

uma solução completa e sutilmente equilibrada de carboidratos fermentáveis, aminoácidos e minerais, que serve como substrato para o crescimento das leveduras e produção de etanol, e como uma fonte de precursores de aroma e do sabor. Uma composição não otimizada do mosto pode desencadear vários efeitos negativos na cerveja final: a) fermentação lenta; b) baixa reprodução da levedura; c) enfraquecimento da levedura; d) excessiva formação de metabólitos indesejáveis; e) insuficiente formação de metabólitos desejáveis; f) dificuldade de filtração; g) estabilidade coloidal prejudicada implicando em maiores custos com estabilização; h) estabilidade sensorial prejudicada. (VARNAM & SUTHERLAND, 1993, p. 323)

De acordo com Varnam & Sutherland (1993) O processo de produção do mosto cervejeiro, brassagem ou extração, consta de quatro etapas: (a) a sacarificação, no qual se ativam as enzimas do malte e se realizam os processos enzimáticos, (b) a extração dos compostos solúveis do malte e a separação do mosto das cascas do malte (bagaço), (c) o cozimento do mosto e (d) a clarificação e resfriamento do mosto.

### **(a) Sacarificação e separação do mosto**

Para sacarificação do mosto cervejeiro utilizam-se três tipos de processos para conversão e a extração do mosto: infusão a temperatura constante, infusão a temperatura programada, e decocção.

O processo de infusão a temperatura constante se aplica tradicionalmente à cervejas do tipo Ale, a partir de maltes mais modificadas (germinação mais efetiva). O processo é tecnicamente simples e tanto a sacarificação como a separação do mosto pode-se realizar no mesmo tanque de extração, ainda que na atualidade se obtém uma maior operatividade quando se utiliza uma tina de sacarificação e uma tina-filtro separadas. O malte

grosseiramente moído é misturado em água quente através de um misturador e passado para a tina de extração. Normalmente empregam-se temperaturas de 60 – 65 °C, ainda que em certas circunstâncias possa-se elevar até 70 °C. As exo- e endo- $\beta$ -glucanases e as peptidases se inativam a estas temperaturas, mas o amido é rapidamente gelatinizado e hidrolisado. Entretanto, a inativação da  $\beta$ -amilase começa a partir de 65 °C dependendo da trituração do malte e, em geral, temperaturas mais altas têm como consequência um extrato menos fermentável. A sacarificação dura de 0,5 a 2 horas, e a continuação tem lugar a separação do mosto por um período de até 18 horas. A recuperação de extrato varia com o tempo de produção, sendo desde 95 % em 3 horas até 100 % em 18 h de processo.

O processo de extração à temperatura programada e a extração por decocção são similares, em ambas se elevam a temperatura durante a extração para estimular a degradação das proteínas e das  $\beta$ -glucanas, à temperaturas mais baixas e a solubilização e hidrólise do amido à temperaturas mais altas. Portanto, são sistemas adequados para a extração de maltes menos modificados (germinação menos efetiva). Ambos os sistemas utilizam tanques separados para a sacarificação e para a separação do mosto, mas diferem na forma de elevação da temperatura da mostura. Os extratores de temperatura programada possuem uma camisa de água quente ou aquecedor interno e um misturador para elevar a temperatura no tanque sacarificador de acordo com um programa previamente definido. O mosto deve agitar-se suficientemente para assegurar uma adequada transferência de calor, mas evitando, inferir um dano mecânico ao malte, já que causaria a liberação dos  $\beta$ -glucanos de maior peso molecular.

No processo de extração por decocção se empregam duas cubas, a cuba sacarificadora e a caldeira extratora de cobre. A temperatura se eleva retirando uma parte do mosto do tanque sacarificador, revolvendo-a na caldeira de cobre e devolvendo-a ao tanque sacarificador. A extração por decocção, é utilizada na Europa continental e permite utilizar maltes pouco modificados. A cuba-filtro (*lauter tun*) emprega-se normalmente nas extrações com temperatura programada e por decocção e é projetada para efetuar uma filtração rápida do mosto uma vez sacarificado. Utilizam-se cubas com leitos não muito profundos, que proporcionam operações de 2-3 horas com uma recuperação de 98 – 99 %.

### **(b) Cozimento do mosto**

Segundo Kunze (2006) o cozimento do mosto doce possui sete objetivos principais:

evaporação do excesso de água, extração dos componentes do lúpulo e isomerização das humulonas, destruição das enzimas do malte e das enzimas adicionadas, esterilização do mosto, eliminação dos compostos voláteis indesejáveis, formação dos compostos responsáveis pelo aroma, pelo sabor e pela cor mediante a reação de Maillard, e coagulação das proteínas. Na elaboração tradicional da cerveja, o lúpulo é adicionado ao mosto no início do cozimento. A extração das humulonas mediante a cocção é um processo pouco eficaz, recuperando-se no melhor dos casos 65 % das humulonas isomerizadas depois de duas horas de cocção. As condições favorecem a oxidação das humulonas, mas na prática dificultam a capa de vapor que se forma na superfície do líquido. Entretanto, a oxidação pode ser a responsável pelas diferenças entre as cervejarias.

O procedimento mais simples para realizar o cozimento do mosto consiste no uso de cubas abertas em sua parte superior, que utilizam como meio de agitação a circulação por termosifão. As caldeiras deste tipo trabalham durante 1-1,5 horas com uma taxa de evaporação de 8%/hora. São utilizados desenhos diferentes de caldeiras, mas todas elas apresentam um consumo de energia relativamente custoso. As intensidades das trocas que se produzem durante a cocção dependem normalmente da duração e da temperatura do cozimento, assim como a composição do mosto. A coagulação protéica constitui uma exceção, já que a velocidade a que se produz esta reação também depende de fatores físicos como a forma da caldeira e o tipo de fluxo no sistema calefator. A coagulação é uma reação importante, já que se for inadequada conduziria a obtenção de uma cerveja de má qualidade e afetaria negativamente a fermentação interferindo com a captação de substratos pela levedura. Somente uma proporção (turvação a quente) coagula durante a cocção, ficando parte dela (turvação a frio) sem precipitar e formando complexos com os polifenóis, os quais precipitarão antes de, ou durante a fermentação. Isto ocasiona a aparição de turvação, que tradicionalmente se elimina depois da maturação no processo de filtração.

### **(c) Clarificação e resfriamento do mosto**

De acordo com Kunze (2006) a clarificação do mosto se baseia na sedimentação ou na filtração. Existem várias modificações do desenho básico para permitir a eliminação máxima de sólidos em suspensão e fazer mínima a perda de mosto e até possibilitar a combinação da caldeira de cozimento com o separador de ciclone em um único recipiente. Nas cervejarias modernas as centrífugas são alternativas aos separadores de ciclone.

Efetuada a clarificação, o mosto se resfria mediante intercambiadores de calor de placas ou tubulares, que atualmente se empregam quase invariavelmente em todas as cervejarias. Na maioria dos casos o mosto passa diretamente aos tanques de fermentação depois do resfriamento. Durante o resfriamento do mosto ocorre a aeração do mosto, o qual é adicionado em um só momento, normalmente com o mosto inicial, e em quantidades estritamente limitadas. A principal função da aeração do mosto é estimular o crescimento das leveduras e favorecer a biosíntese dos lipídeos que requerem para crescer.

Após o resfriamento e a aeração do mosto, a levedura é inoculada ao tanque e tem início a fermentação.

## **2.5 A Fermentação do Mosto Cervejeiro**

Segundo Kunze (2006), ao nos referirmos à fermentação, automaticamente faz-se relação com a levedura, isto porque é o microorganismo mais utilizado industrialmente para esta finalidade. A levedura para obter energia celular pode executar dois tipos de metabolismo:

1. Oxidativo que ocorre em presença de oxigênio.



2. Fermentativo quando ocorre em baixa concentração de oxigênio.



A fermentação do mosto cervejeiro tem melhor desempenho quando a levedura está em meio ácido, ao redor de pH 4,5 a 5,0. A partir do momento em que os carboidratos entram na célula iniciam-se as reações bioquímicas que na sua primeira etapa denomina-se glicólise. O andamento da fermentação tem grande importância do ponto de vista da qualidade do produto e economia. Os principais fatores tecnológicos que influenciam a duração da fermentação são: a) composição do mosto; b) nível de dosagem da levedura (número de células/volume); c) vitalidade da levedura; d) conteúdo de oxigênio dissolvido no mosto; e) temperatura e f) pressão.

A descrição tradicional quantitativa da fermentação alcoólica cervejeira é expressa como o processo anaeróbio, mediante o qual a levedura converte glicose em etanol e dióxido de carbono. Neste caso, não se leva em consideração, que a levedura pode estar se multiplicando e produzindo outros metabólitos, como ácido lático, glicerol e ácido succínico, mesmo que em quantidades pequenas. Posteriormente, compreendeu-se que a influência de enzimas e co-enzimas, era responsável por reações muito mais complexas. Não só a glicose participava da fermentação, mas todo o extrato de carboidratos fermentáveis, como por exemplo, maltose e maltotriose, que no interior da célula são hidrolisadas enzimaticamente a glicose.

Durante a fermentação ocorrem também algumas modificações físicas e químicas no mosto como, atenuação do extrato, redução do pH, redução do oxigênio dissolvido, escurecimento da cor, diminuição da quantidade de proteínas etc. A impressão do estilo da cerveja é verificada durante o processo fermentativo. Cada estilo, tipo de cerveja, possui sua impressão de aroma, e é o equilíbrio dos componentes do aroma que garantem sua aceitabilidade e preferência pelo consumidor. A composição do aroma característico de um determinado estilo de cerveja pode sofrer alterações, caso no início do processo produtivo ocorram problemas com as matérias primas e, conseqüentemente, na composição do mosto. Após a fermentação, a cerveja é resfriada e retira-se o fermento. A partir de então a cerveja entra no processo de maturação.

A maturação, denominada fermentação secundária, tem como finalidade a maturação dos componentes do aroma e paladar, redução do grau de fermentação final, saturação de CO<sub>2</sub>, clarificação e eliminação de substâncias desagradáveis para o aroma e paladar da cerveja. Após a maturação, a temperatura é novamente reduzida para que o resto de fermento, e resíduos protéicos sejam retirados.

Após a maturação, um novo processo de filtração elimina partículas em suspensão, principalmente células de fermento, deixando a bebida transparente e brilhante. A filtração não altera a composição e o sabor da cerveja, mas é fundamental para garantir sua apresentação, conferindo-lhe um aspecto cristalino.

### **2.5.1 Levedura Cervejeira**

Segundo Stewart & Russel (1998), as leveduras que são utilizadas na fabricação de cerveja possuem similaridades básicas em suas propriedades e podem ser classificadas como

pertencentes a uma ou outra espécie do gênero *Saccharomyces*: *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarum* (antes denominada *Saccharomyces carlsbergensis*) (Figura 5). Todos os demais tipos de levedura, por exemplo, espécies do gênero *Schizosaccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Torulopsis*, *Candida*, *Brettanomyces* e outras espécies do gênero *Saccharomyces*, têm sido associadas à deterioração da cerveja e comumente se denominam leveduras selvagens.



**Figura 5.** Levedura cervejeira (*Saccharomyces cerevisiae*)

Ainda segundo Stewart & Russel (1998), existe uma classificação baseada no comportamento da levedura. Após o processo de fermentação, e posterior resfriamento da cerveja à temperaturas abaixo de 5 °C, a levedura pode posicionar-se na superfície ou no fundo do tanque fermentador.

A maior parte das linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* são conhecidas como leveduras de alta fermentação, e caracteriza-se pelo fato de no final do processo fermentativo flotar para a superfície do líquido. O processo de fermentação ocorre a temperatura de 12 a 21°C. As linhagens de *Saccharomyces uvarum* são conhecidas como leveduras de baixa fermentação, são as mais utilizadas nos processos cervejeiros atuais e o processo é conduzido com temperatura de 5 a 13°C, sendo que as células decantam no fundo do tanque ao final do processo de fermentação.

Para a escolha de uma levedura adequada para a produção de uma cerveja de qualidade, o cervejeiro deve considerar algumas propriedades tecnologicamente importantes:



### **a- Tolerância ao etanol**

A maioria das cepas de *Sacharomyces* que se utilizam industrialmente possuem uma tolerância ao álcool superior a de suas homólogas selvagens. É indispensável que apresentem uma alta tolerância ao etanol para assegurar que a fermentação continue até o conteúdo desejado de etanol, o qual é de especial interesse nas bebidas “fortes”.

### **b- Flocculação**

A flocculação consiste na formação de uma aglomeração aberta de células, o que não se diferencia de outras agregações como as massas em crescimento ou as formações de cadeias. Esta propriedade se requer para se conseguir uma fácil separação das leveduras do meio final da fermentação e para fazer mínima a aparição de sabores estranhos devido a um excessivo período de incubação. Entretanto, uma flocculação precoce pode impedir que a fermentação se complete. A flocculação não depende da divisão celular e está ligada a presença de íons  $\text{Ca}^{+2}$ , que estabelecem pontes entre os grupos aniônicos das superfícies das células. A capacidade de flocular vem determinada geneticamente, mas também influi o ambiente na parede celular da levedura. O fenômeno da flocculação vem afetado por diversos fatores, mas em geral pode-se afirmar que os açúcares a inibem e os sais a favorecem.

### **c- Resistência a toxinas**

Algumas cepas de *Saccharomyces* produzem uma série de toxinas extracelulares, as zimocinas, que são letais para outras cepas sensíveis. A presença de cepas produtoras de toxinas pode abortar as fermentações, portanto a resistência a estas toxinas é uma característica desejada para qualquer cepa de *Saccharomyces* de uso comercial.

Do ponto de vista prático, as grandes cervejarias modernas utilizam sistemas de cultura pura e avaliam constantemente a força de suas leveduras, no que diz respeito ao vigor fermentativo e a influência no sabor que elas exercem no mosto. A Tabela 2 apresenta um comparativo entre as duas leveduras mais utilizadas pelas indústrias cervejeiras na fermentação.

**Tabela 2.** Aspectos de diferenciação entre as características de *Saccharomyces cerevisiae* e *S. uvarum*

Característica da Levedura	<i>S.cerevisiae</i>	<i>S.uvarum</i>
Fermentação da Melibiose	(-)	(+)
Intensidade de fermentação no topo do tanque	(+)	(-)
Floculação da levedura	(-)	(+)
Atividade respiratória	(+++)	(+)
Produção de H <sub>2</sub> S	(+)	(+++)
Fermentação do gliceraldeído	(-)	(+)
Esporulação	(+)	(-)

Fonte: Stewart & Russel, 1998, p. 6.

### 2.5.2 Produtos de Excreção da Levedura

O gerenciamento da levedura na cervejaria é crítico para a qualidade da cerveja e eficiência do processo. A integridade da célula tem que ser mantida durante a fermentação, o condicionamento da cerveja, o processamento e estocagem da levedura. A liberação de substâncias, por parte das leveduras, influencia várias características da cerveja, como, por exemplo, o paladar, a sensação na boca, aroma, cor, e qualidade da espuma. A liberação de ácidos graxos livres durante a autólise, desestabilizam a espuma, e adicionalmente, conferem um sabor característico à cerveja. Como em vários aspectos em cervejaria, os efeitos da autólise não são inteiramente negativos. A liberação de moléculas pequenas, aminoácidos e nucleotídeos, podem influir positivamente no paladar e sensação na boca.

Segundo Stewart & Russel (1998) durante a fermentação, além do álcool, produz-se quantidades variáveis de álcoois superiores que são compostos com influência no aroma e substratos para a formação de ésteres ao reagir com derivados ácidos da coenzima A. A

produção destes álcoois variam notavelmente com as diferentes cepas de leveduras e a altas temperaturas se formam quantidades substancialmente maiores.

Os ésteres que possuem fortes aromas frutados são produtos secundários do metabolismo anaeróbico dos açúcares. Potencialmente pode-se originar uma grande diversidade de ésteres, mas na prática os de maior relevância são: acetato de etila, acetato de isobutila, caproato de etila e acetato de 2-feniletila. A temperatura elevada na fermentação, o uso de maltes sem adjuntos e o mosto de alta densidade favorecem a formação de ésteres, enquanto que a oxigenação e uma alta taxa de inoculação a diminui. A produção de ésteres pode representar um problema na elaboração de cerveja a partir de mostos de alta densidade, mas pode-se controlar mediante uma oxigenação para canalizar a energia em direção ao crescimento celular em lugar da produção de ésteres, assegurando que haja um alto nível de açúcares fermentáveis no mosto para conseguir que o acetil coenzima A utilize-se na síntese de lipídeos no lugar da síntese de ésteres.

Para Varnam & Sutherland (1993) o problema mais importante dos compostos de carbonila com alto potencial no sabor e no aroma em cerveja é o acetaldeído. O acetaldeído é um ponto de ramificação metabólica na fermentação alcoólica das leveduras, já que pode ser reduzido a etanol ou oxidado a acetato. Sua concentração alcança um máximo na fermentação para diminuir posteriormente durante o processo de maturação, mas sua concentração na cerveja varia de um lote para outro.

O ácido acético é o majoritário entre os ácidos na cerveja, e compreende de 40 a 80% dos ácidos totais. Seu nível varia consideravelmente e tem uma grande influência sobre o pH final da cerveja. A aeração do inóculo da levedura aumenta notavelmente a produção de acético através da estimulação da atividade piruvato descarboxilase.

Compostos como o diacetil e a 2,3-pentanodiona (dicetonas vicinales) produzem aromas de manteiga, mel ou de caramelo. Ambos os compostos formam-se extracelularmente pela descarboxilação oxidativa espontânea dos ácidos  $\alpha$ -acetohidroxi,  $\alpha$ -acetolactato (diacetil) e a  $\alpha$ -acetohidroxibutirato (2,3-pentanodiona). Estes ácidos são compostos intermediários na síntese de leucina ou valina ( $\alpha$ -acetolactato) e de isoleucina ( $\alpha$ -acetohidroxibutirato) e saem da célula durante a fermentação. A levedura metabolicamente ativa produz reductases que reduzem o diacetil a acetoína e butanodiol, e a 2,3-pentanodiona não se acumulam e estão presentes somente em quantidades abaixo do nível de percepção.

De acordo com Varnam & Sutherland (1993), ainda que na cerveja seja desejável a presença de pequenas quantidades de compostos sulfurados, um excesso produz aromas

desagradáveis e sabores ruins. Entretanto, os compostos sulfurados voláteis podem ser menos importantes que do que se pensava, já que os níveis de SO<sub>2</sub> estão normalmente abaixo do limite de detecção e porque as cervejas livres de alterações bacterianas normalmente não contém H<sub>2</sub>S livre. Entretanto, o SO<sub>2</sub> é um importante antioxidante e também forma complexos com os compostos de carbonila, os quais, na forma livre, gerariam sabor a ranço durante o armazenamento. O lúpulo, o malte e os adjuntos contribuem para a formação de compostos sulfurados voláteis, mas a maior fonte é a fermentação. As rotas de formação do H<sub>2</sub>S, entretanto, não se conhecem bem, mas sabe-se que as cepas que requerem pantotenato formam sulfetos a partir de sulfitos ou sulfatos quando da deficiência dessa vitamina. A produção de sulfeto de hidrogênio também é estimulada por aminoácidos como a treonina e a glicina, mas é retardada pela metionina. O período de diminuição da produção de H<sub>2</sub>S durante a fermentação corresponde com o esgotamento da metionina do meio. Tem-se estabelecido uma relação entre a produção de H<sub>2</sub>S e o índice de germinação (a relação entre o número de células filhas e número de células mãe), correspondendo baixos índices de germinação com níveis altos de produção de H<sub>2</sub>S.

### **2.5.3 Principais Classes de Microorganismos Alteradores da Cerveja**

Segundo Stewart & Russel (1998), microorganismos patogênicos não se desenvolvem em cervejas. Porém, certos microorganismos, bactérias e/ou leveduras selvagens, causam aromas desagradáveis e turvações, constituindo ameaça permanente para a qualidade da cerveja. Dentre esse microorganismo pode-se destacar:

#### **(a) Bactérias ácido acéticas (*Acetobacteraceae*)**

As bactérias ácido acéticas compreendem os gêneros principais, *Acetobacter* e *Gluconobacter*. Tanto *Acetobacter* e *Gluconobacter* oxidam o etanol a ácido acético, ainda que *Acetobacter*, além do mais, pode oxidar o ácido acético a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. No passado ambos gêneros associaram-se com a alteração da cerveja, mas *Actobacter*, prefere os meios ricos em álcool e tem uma importância maior que *Glucanobacter*. Na atualidade são conhecidas quatro espécies de *Acetobacter*, das quais as de maior relevância são *A.pasteurianus* e *A. Aceti*.

### **(b) Bactérias anaeróbicas e Gram-negativas**

Recentemente têm-se relacionado bactérias anaeróbicas obrigatórias Gram-negativas e com forma de bastão com a alteração da cerveja, e estão restringidas, dentro do que se conhece, as cervejas tipo *lager*. A alteração da cerveja por bactérias anaeróbicas Gram-negativas causa a aparição de turbidez e de sabores ruins, assim como de acidez e a ovos podres. Estas bactérias têm-se desenvolvida durante a germinação de levedura e atua como uma fonte contínua de infecção.

### **(c) Enterobacteriaceae**

Os membros da família Enterobacteriaceae pode-se encontrar no mosto em quantidades notáveis. Estas bactérias, que são chamadas de bactérias do mosto, somente sobrevivem durante as etapas iniciais da fermentação. O crescimento de Enterobacteriaceae no mosto pode produzir diversos sabores e aromas ruins, como os fenólicos e a legumes. Certas cepas produzem DMSO reductase e pode estar relacionados com a produção de um excesso de dimetilsulfeto nas cervejas. A fonte de contaminação inicial, supõe-se ser o malte, o lúpulo, etc, ainda que raramente surgem problemas, a menos que o mosto resfriado se armazene durante grandes períodos antes da inoculação da levedura.

### **(d) Bactérias ácido lácticas**

As bactérias ácido lácticas são microorganismos comuns na alteração da cerveja, e mais freqüentes durante a fermentação. Com a alteração da cerveja estão relacionados os gêneros *Lactobacillus* de forma bacilar e *Pediococcus* de forma cocoide. Um terceiro gênero, *Leuconostoc*, é um microorganismo freqüente na alteração do vinho, mas não na cerveja. As espécies de lactobacilos implicadas na alteração da cerveja diferenciam-se de suas homólogas de outros habitats por sua resistência as isohumulonas.

Em geral as características de alteração são similares, caracterizando-se por um excesso de acidez, uma turvação sedosa, aromas ruins como consequência da produção de 2,3-butanodiol. Também podem aparecer sedimentos e filamentos. Os bacilos são freqüentes contaminantes dos inóculos de levedura e crescem durante a fermentação. Seu crescimento na cerveja só está limitado pela deficiência de aminoácidos.

*Pediococcus* raramente está envolvido na alteração de cervejas de alta fermentação, mas é freqüente nas de baixa fermentação. Isto pode ser consequência de que sua temperatura ótima para crescer é mais baixa que as do *Lactobacillus*. Têm-se descritos várias espécies de *Pediococcus*, mas 90% dos casos de alteração se atribuem a uma única espécie, *P. damnosus*.

*Pediococcus* é o responsável da clássica alteração da cerveja que, em sua forma mais grave, caracteriza-se por um excesso de acidez, turbidez, um sedimento granular, a formação de filamentos e sabores e aromas ruins em consequência da formação de diacetil. Entretanto, uma alteração assim, somente se produz quando o crescimento tem sido elevado, e nas demais situações a produção de diacetil é o problema mais importante. O nível humano para detecção do diacetil é muito baixo em cervejas do tipo Lager (aproximadamente 0,12 mg/L) e tão somente  $2 \times 10^4$  células/mL podem produzir níveis de diacetil facilmente detectáveis de até 0,36 mg/L. Deste modo pode-se produzir uma alteração sem que apareçam sinais visíveis de turbidez. Os *Pediococos* são contaminantes da levedura e crescem ao longo da fermentação, na maturação e na cerveja terminada. O microorganismo representa uma grande resistência aos produtos de limpeza que se utilizam normalmente e é capaz de colonizar os equipamentos de produção que por sua vez servem como focos de infecção.

#### **(e) Leveduras selvagens**

Segundo Stewart & Russel (1998, p. 72) as leveduras selvagens podem definir-se como “[...] qualquer levedura não utilizada intencionalmente no processo cervejeiro”. Isto é forçosamente uma definição ampla e inclui tanto as leveduras prejudiciais que tem efeitos indesejáveis sobre a cerveja como as leveduras inócuas que não tem efeitos detectáveis. Nesta definição incluem as cepas não cultivadas de *Sach. Cerevisae* que flocule, é considerado como um microorganismo alterador em uma fermentação levado a cabo por uma cepa não floculenta. Do mesmo modo, *Sach. Cerevisae* pode causar alteração durante uma fermentação Ale.

A alteração produzida pelas leveduras varia de acordo com a levedura implicada na alteração, mas é freqüente a aparição de uma turvação branda, excesso de gás, excesso de acidez, e aparição de maus aromas. Algumas leveduras selvagens produzem altos níveis de ácido graxo, desde o C<sub>4</sub> ao C<sub>10</sub>, tais como o isobutírico e isovalérico, enquanto que muitas espécies não cultivadas de *Sacharomices* contêm o gene POF1 e geram maus aromas

fenólicos pela descarboxilação dos ácidos hidroximânicos, como o ferúlico e o p-cumárico.

### **3. Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho foi possibilitar, por meio da parceria entre um licenciando com vasta experiência na indústria cervejeira e uma professora regente de um curso técnico de Alimentos e Biotecnologia e que ministra aulas na disciplina de Tecnologia das Fermentações, a realização de atividades em que fosse possível estudantes destes cursos vislumbrarem como se daria sua futura inserção profissional, além de também levantar questões como o debate sobre o consumo de álcool na juventude e a relação desta temática com o ensino da Química.

### **4. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- 1) auxiliar os professores da disciplina Tecnologia das Fermentações na elaboração de aulas práticas sobre produção de cervejas em laboratório;
- 2) ajudar a difundir o conhecimento sobre a Tecnologia de Produção de Cervejas;
- 3) possibilitar ao professor a elaboração de um plano de aula baseado nos grupos funcionais e nas reações químicas envolvidas no processo de fermentação;
- 4) descrever os tipos de microorganismos empregados no processo de fermentação;
- 5) levantar a discussão sobre as questões sociais envolvidas no uso excessivo de bebidas alcoólicas;
- 6) despertar o interesse de alunos de cursos técnicos da área de Química, para o mercado de trabalho das indústrias que tratam de processos fermentativos, como os das indústrias de produção de cerveja.

### **5. Metodologia**

Este trabalho foi realizado no Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade do Maracanã (CEFETQUÍMICA), na turma 3701 (2007) do curso Técnico em Alimentos, dentro da disciplina Tecnologia das Fermentações em colaboração com a professora regente da turma. Foram feitos quatro encontros e selecionados dos dias

para a realização do trabalho. Cada turma apresentava 20 alunos na faixa etária de 15 a 17 anos.

Nesta escola contatamos a professora regente, responsável pela cadeira de Tecnologia das Fermentações, a qual interessou-se pelo projeto, porque também ministrava aulas dessa disciplina para alunos dos cursos Técnicos de Alimentos e Biotecnologia, porém segundo relatos da própria, sempre teve dificuldades em montar uma prática relacionada a produção de cerveja, ainda que considerasse muito importante para o desenvolvimento profissional dos alunos.

Para facilitar o entendimento pelos alunos, resolvemos dividir a apresentação do trabalho em três partes. A primeira parte foi referente a apresentação de um seminário sobre Tecnologia Cervejeira, com a duração de aproximadamente 60 minutos. Nosso principal objetivo neste seminário era despertar o interesse do aluno sobre o processo de produção de cerveja e dar base para o entendimento da Tecnologia de Produção de Cerveja realizada na indústria e que iríamos replicar no laboratório.

A segunda parte do trabalho foi a realização de uma prática de produção de cerveja em laboratório. Dividimos a turma de 16 alunos em 4 grupos de 4 estudantes, e demos início a prática. Nossa principal preocupação, nesta prática, era o curto tempo de aula (aproximadamente três horas e meia). Assim, preparamos todo o experimento antecipadamente, fazendo todo o possível para que não houvesse perda de tempo. Juntamente com a prática de produção da cerveja, os alunos, concomitantemente, foram realizando análises básicas para o controle do processo. Nosso objetivo nesta prática era que o aluno tomasse conhecimento sobre o processo de produção do mosto cervejeiro e de algumas análises básicas para controle de qualidade, da levedura e da matéria-prima utilizada para a fabricação da cerveja.

Na terceira e última parte do trabalho, buscamos a conscientização dos alunos sobre os perigos da ingestão sem responsabilidade e em demasia do álcool, e a verificação da assimilação sobre o que os alunos haviam apreendido, através das respostas a um questionário elaborado durante este trabalho, contendo 12 perguntas. As questões, todas discursivas, estavam relacionadas com o processo de produção de cerveja: matéria-prima, processo de mostura, fervura do mosto cervejeiro, fermentação e filtração da cerveja.

Após a aplicação do questionário, fizemos junto com os alunos a etapa de análise sensorial das cervejas produzidas pelos grupos e aproveitamos a oportunidade para chamar a atenção dos alunos sobre os perigos da ingestão do álcool por adolescentes e, até mesmo por



adultos, quando ingerido de forma descontrolada e sem moderação. Isto foi feito com o objetivo de conscientizar e refletir sobre os efeitos, riscos e danos ao organismo provocados pelo consumo de álcool, buscando conscientizar sobre a prevenção de acidentes de trânsito, bem como evitar o uso abusivo de bebidas alcoólicas e uma possível dependência, alertando também para o fato que o mesmo pode ser a porta de entrada para o consumo de outras drogas.

## **6. Desenvolvimento do Tema e do Experimento na Sala de Aula e no Laboratório**

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999) o objetivo do Ensino Médio, em cada área do conhecimento, deve envolver de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea; e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e uma visão de mundo. Para tanto, este trabalho propõe a apresentação de um seminário sobre o tema fermentação (anexo 10.1), e um experimento de produção de cerveja em laboratório (anexo 10.2), bem como, algumas análises para controle de processo (anexos 10.3, 10.4, 10.5). Para verificação da assimilação sobre o que os alunos haviam aprendido propomos a elaboração de um questionário sobre os fundamentos teóricos da produção de cerveja (anexo 10.6), cujas respostas dos alunos estão apresentadas na Tabela 4, no tópico de resultados e discussão deste trabalho.

Como estamos tratando de um tema polêmico, uma bebida de uso liberado que possui em sua constituição o álcool, faz-se importante uma discussão sobre a questão do alcoolismo, que segundo Abramovay & Castro (2002) trata-se de um dos principais problemas da sociedade moderna e que tem a escola como um ambiente em que pode ser discutida a prevenção ao alcoolismo.

Conforme foi descrito na metodologia dividimos o trabalho em três partes. Na primeira parte do trabalho desenvolvemos um seminário sobre a tecnologia de produção de cervejas. Nesta etapa observamos o interesse dos alunos, pois somente através do interesse deles é que poderíamos dar prosseguimento ao projeto. Por nossa sorte todos os alunos se mostraram interessados, pois ao longo da apresentação do seminário, os alunos foram fazendo perguntas, o que tornou a apresentação agradável. Acreditamos que este seminário, além de demonstrar o processo de tecnologia de cerveja, também ajudou os alunos a fixarem conceitos importantes da Bioquímica tais como, os conceitos enzimáticos, que estão

intimamente ligados com o processo de mostura no preparo da cerveja. Os alunos também puderam aprender conceitos básicos de operações unitárias, como os relacionados com o processo de produção por batelada, pois a cerveja é um exemplo desse tipo de processo, e do entendimento do funcionamento básico dos equipamentos envolvidos no processo. O seminário que foi apresentado teve, portanto, uma série de assuntos e temas nas entrelinhas do processo de produção de cerveja, que foram discutidos durante o seminário, ajudando o aluno a compreender conceitos sobre processos produtivos, seja este de cerveja, como foi tratado, ou de qualquer outro produto que possa envolver conceitos enzimáticos e de operações unitárias (controle de temperatura, tempo, pressão, entre outros).

Na segunda parte do trabalho desenvolvemos um experimento de produção de cerveja. Resolvemos fazer uma cerveja escura de Alta Fermentação, porque este tipo de cerveja exige temperaturas de fermentação mais altas, da ordem de 18 a 25 °C. A temperatura de fermentação no processo cervejeiro é importante porque, a temperatura influencia diretamente no metabolismo da levedura e, portanto, na qualidade da cerveja. Temperaturas altas, para um determinado tipo de levedura, podem produzir cervejas com aromas ruins, além de poder aumentar a concentração de álcoois superiores, responsáveis pela dor de cabeça, quando consumido grandes quantidades destes compostos. Entretanto temperaturas muito baixas (abaixo de 10 °C) podem reduzir a atividade da levedura e “arrastar” a fermentação, trazendo atrasos e diminuição na qualidade da cerveja. A escolha do fermento Ale, diminui o problema do controle da temperatura do processo, já que a temperatura ambiente do laboratório estava em torno do recomendado para este tipo de cerveja (18 – 25 °C). O fato de escolhermos uma cerveja escura estava relacionado com a aparência da cerveja. A cerveja escura disfarça a turvação causada pela presença do fermento e outros sedimentos, já que não tínhamos como filtrar a cerveja, conferindo o brilho característico.

O experimento de produção de cerveja em laboratório exige que sejam antecipados alguns procedimentos, já que o tempo de aula era curto. Portanto, fizemos a moagem do malte num moinho industrial cedido pela União das Devassas Cervejaria Ltda (a moagem foi feita na cervejaria), obviamente nem todos os professores terão esse privilégio, logo, foi sugerido que se fizesse a moagem em um pilão ou um moinho de grãos, antes da prática, ou em último caso a utilização de um liquidificador, que tem a desvantagem de triturar finamente as cascas, podendo dificultar a filtração do mosto (separação das cascas). Outra medida importante que tomamos antes da prática, foi a separação de todos os instrumentos

que iríamos usar. Após termos tomados todas essas providências, separamos os alunos em quatro grupos de quatro e demos início ao experimento descrito no Anexo 10.2. Durante o experimento, orientamos os alunos com as análises de presença de iodo, descrita nos Anexos 10.4 - importante teste para verificar se estava ocorrendo a hidrólise do amido pelas enzimas presentes no malte da cevada- a coloração azulada indica presença de amido na solução do mosto, tornando-se necessário que a solução do mosto permanecesse por mais tempo na temperatura de açúcaração (70 – 75 °C), fizemos também a análise do teor de açúcar no mosto, descrita no Anexo 10.3 – importante análise para acompanhar o extrato da cerveja - e da análise sensorial do mosto de cerveja descrita no Anexo 10.5. Após o preparo do mosto apresentamos aos alunos a levedura cervejeira. Todos os alunos sentiram o cheiro da levedura e perceberam a similaridade do aroma da levedura com o cheiro da cerveja. Explicamos, mais uma vez, a importância da levedura no processo e inoculamos a levedura, de forma asséptica, no mosto cervejeiro, previamente resfriado a temperatura de 20 °C. Mantivemos os mostos de cerveja com o inóculo do fermento por três dias na temperatura ambiente, e logo após esse tempo, transferimos para uma garrafa de polietileno (se for de vidro é melhor), fechamos e colocamos na geladeira por dez dias. Tomamos esse procedimento para que ocorresse a carbonatação da cerveja, com o CO<sub>2</sub> gerado pelo consumo do açúcar residual pela levedura, durante os dez dias de refrigeração a temperatura de 5 a 10 °C.

Na terceira parte do trabalho, reunimos os quatro grupos de alunos e entregamos a cada um, uma lista com 12 questões discursivas sobre o processo de produção de cerveja (Anexo10.6). Os alunos responderam as questões em grupos e terminaram após 40 minutos. Observamos que todos responderam corretamente as questões. Após aplicação do questionário fizemos a degustação das cervejas. Alguns alunos só sentiram o cheiro da cerveja. E a maior parte da turma experimentou, aproximadamente, 100 mL da cerveja que seu grupo produziu. Todas as cervejas estavam com pouco gás, mas felizmente não houve contaminação por microorganismo deteriorante, permitindo perceber o gosto da cerveja, que era um pouco diferente do que as cervejas comuns do mercado. Durante a degustação, fizemos um debate sobre os riscos do consumo em alta quantidade de bebidas alcoólicas, tanto por jovens quanto por adultos. Durante o debate todos participaram e citaram casos de pessoas que abusaram do uso de bebidas alcoólicas. O que chamou mais atenção dos alunos foram os acidentes automobilísticos, ocasionados por condutores embriagados. É importante que durante o debate se explore exaustivamente o tema sobre os riscos à saúde que os jovens

podem correr com o abuso de bebidas alcoólicas, pois acreditamos que dessa forma poderemos ajudar a suscitar o debate de assunto tão importante de ser discutido em nossa sociedade na atualidade.

## **6.1 O Consumo de Álcool na Juventude**

Tratar de um tema que envolve o álcool é extremamente difícil, principalmente por ser uma substância de uso liberado, aparentando ser inofensiva e sendo largamente consumida no Brasil. Entretanto, bebidas contendo álcool podem causar dependência e uma série de problemas, tanto de âmbito social, como por exemplo, por problemas familiares devido ao alcoolismo ou acidentes de trânsito causados pela ingestão de bebidas alcoólicas.

Segundo estudos do Centro Brasileiro de Informações sobre Substâncias Psicotrópicas (CEBRID) a principal causa de internações por consumo de substâncias psicoativas é o alcoolismo, mal que aflige milhões de brasileiros. O alcoolismo é o responsável por 90% das hospitalizações, sendo também associado a inúmeros danos, tais como 61% de acidentes de trânsito e 70% das mortes violentas (CEBRID, 2003).

Os resultados obtidos por Abramovay & Castro (2002) apontam para um número significativo de jovens, consumidores de substâncias psicoativas lícitas, que de acordo com as coordenadoras da pesquisa, consideram essas substâncias a porta de entrada para as ilícitas, apesar dessa opinião não ser um consenso, já que não existem pesquisas que comprovem essa migração no uso de substâncias psicoativas. Ainda segundo a pesquisa realizada por Abramovay & Castro (2002), constatou-se que entre os alunos, o maior consumo é de álcool, seguido a distância do tabaco, fato atribuído as fortes campanhas em torno dos malefícios causados pelo uso de cigarros. Enquanto o uso de cigarro com alguma frequência (fumam às vezes e/ou fumam todos os dias) engloba aproximadamente 470 mil alunos, a exposição a bebidas alcoólicas, ou seja, beber somente em festas e ocasiões sociais ou beber regularmente, abrange um contingente cinco vezes maior que o registrado para o uso do tabaco. Aproximadamente, 2,5 milhões de alunos ingerem bebidas alcoólicas de alguma form. (ABRAMOVAY & CASTRO, 2002).

Segundo Carlini e colaboradores (2004), pesquisa realizada com jovens de diversas escolas do país, também confirma o aumento do uso de bebidas alcoólicas por jovens em idade escolar. De acordo com os resultados da pesquisa, 75% dos estudantes afirmaram ter consumido bebidas alcoólicas pelo menos uma vez na vida, sendo que aproximadamente

29%, já haviam abusado de bebidas alcoólicas e 15 % faziam uso freqüente de bebidas alcoólicas (6 ou mais vezes) no mês que antecedeu a pesquisa (Carlini et al, 2004).

A permissividade do álcool leva a falsa crença da inocência do uso, mas o consumo excessivo tem se tornado um dos principais problemas das sociedades modernas. Em estudos mais recentes foram praticamente mantidos os mesmos números anteriores em que cerca de 11% dos brasileiros sofrem de alcoolismo. Tal resultado confirma que o problema de dependência do álcool é mais representativo que a dependência resultante do abuso das substâncias proibidas; sendo maior, por exemplo, do que a dependência de maconha, cerca de 1 % da população. Os dados foram ratificados em 2005 pelo CEBRID em pesquisa realizada em 107 cidades com 8.589 pessoas entre 12 e 65 anos.

Para Abramovay & Castro (2002), a escola é mais do que um simples espaço de socialização do saber, onde os alunos passam boa parte da vida. A escola é um ótimo local para a discussão de novas alternativas para os alunos através de práticas educativas, esportivas e culturais. Além disso, proporciona aos jovens um espírito de trabalho em grupo, disciplina, mudança de postura, de atitudes e de comportamentos. Ainda segundo estes autores, tendo o jovem como público alvo de uma campanha de prevenção, a escola passa a ser reconhecida como espaço capaz de contribuir com a formação de indivíduos aptos a resistir às propostas desviantes e ter uma visão mais crítica sobre o mundo, a vida e as substâncias psicoativas, podendo, dessa forma, fazer escolhas mais conscientes e livres.

A educação escolar deve ser concebida como uma prática que visa proporcionar condições que levem todos os alunos ao desenvolvimento pleno de suas capacidades a fim de se tornarem um cidadão crítico e que se apropriem de conteúdos necessários a construção de mecanismos de compreensão da realidade e da atuação nas diversas relações políticas, sociais e culturais, de modo mais amplo que permitam o exercício da cidadania na elaboração de uma sociedade mais democrática e menos excludente. Quando a escola assume o papel de formar cidadãos competentes e dignos de atuarem na sociedade, tem que ter como objetivo de ensino aqueles conteúdos que estejam de acordo com as questões sociais marcantes em cada período da história, e cuja aprendizagem sejam essenciais que permitam os alunos a exercerem seus direitos e deveres.

## **7. Resultados e discussão**

Durante a realização do seminário sobre Tecnologia Cervejeira, a primeira parte do trabalho, observamos um grande interesse por parte dos alunos em relação ao tema apresentado. Todos estavam muito atentos e fizeram muitas perguntas sobre o processo de produção de cerveja, o que tornou a palestra muito dinâmica e interativa. O seminário durou 90 minutos, isto é, 30 minutos a mais que o previsto, devido ao interesse mostrado pelos alunos ao longo da apresentação. Ao final do seminário muitos alunos perguntaram como poderiam conseguir um estágio na área, e se mostraram ansiosos para realização da prática de produção de cerveja, fazendo-nos concluir que um dos objetivos do trabalho fora alcançado.

A segunda parte do trabalho foi a realização da prática de produção de cerveja no laboratório do CEFETQuímica-RJ, e observamos que todos os alunos apresentavam-se muito curiosos e ansiosos para o início do experimento. Explicamos o que faríamos e demos início à prática. Todos os grupos conseguiram produzir com sucesso o mosto cervejeiro e realizar as análises para controle do processo, apresentadas na Tabela 3. Nosso objetivo, nesta segunda parte do trabalho - replicar a produção do mosto cervejeiro em laboratório - bem como inocular o fermento cervejeiro e realizar as análises básicas para controle de processo foram alcançados.

A terceira e última parte do trabalho foi a realização da análise sensorial da cerveja produzida pelos grupos e as respostas dos alunos a um questionário sobre o processo de produção de cerveja. Todos os grupos responderam dentro das expectativas ao questionário (Tabela 4) e durante a análise sensorial formou-se um debate sobre os perigos da ingestão do álcool. Muitos alunos citaram exemplos de irresponsabilidades de jovens que se envolveram em acidentes automobilísticos quando voltavam para casa, devido a ingestão em grande quantidade de álcool. Outros falaram da agressividade mostrada por algumas pessoas que também teriam abusado do álcool.

Acreditamos que os alunos conseguiram assimilar grande parte dos processos que envolvem a produção de cerveja, mostrado pelas respostas ao questionário elaborado, e que também pudemos discutir com os alunos sobre os riscos do álcool no organismo.

**Tabela 3:** Resultados das análises das cervejas realizadas pelos quatro grupos de alunos.

<b>Análises</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
<b>Extrato do Mosto (°P)</b>	11,1	11,5	11,9	12,3
<b>Prova de Iodo</b>	Normal	Normal	Normal	Normal
<b>pH do Mosto</b>	5,5	5,6	5,5	5,4
<b>Extrato Aparente Cerveja (°P)</b>	2,3	2,4	2,3	2,4
<b>Extrato Aparente Final (°P)</b>	2,0	2,1	2,1	2,2
<b>pH da cerveja</b>	4,1	4,2	4,2	4,4
<b>Teor alcoólico* (%V/V)</b>	4,3	4,5	4,7	4,9

\*A análise de teor alcoólico foi realizado no laboratório da União das Devassas Cervejaria Ltda.

**Tabela 4:** Respostas apresentadas pelos quatro grupos de alunos referentes ao questionário aplicado durante aula prática sobre fermentação de cerveja.

<b>Questão 1: Quais as principais matérias-primas de uma cerveja?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Água, malte e lúpulo.
<b>Grupo 2</b>	Água potável, malte de cevada e lúpulo.
<b>Grupo 3</b>	Água, malte de cevada e lúpulo.
<b>Grupo 4</b>	Água, malte de cevada e lúpulo.
<b>Questão 2: Qual a finalidade da moagem e porque não podemos moer finamente o malte?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Expor o amido presente no malte. Não pode moer finamente porque as cascas são utilizadas durante a filtração. Quanto mais inteira melhor é a filtração.
<b>Grupo 2</b>	Aumentar o rendimento de açúcares presente no mosto através da exposição do endosperma do grão. A moagem não pode ser muito fina para evitar o entupimento do mosto durante a filtração, para retirada das cascas do malte da cevada.
<b>Grupo 3</b>	Para solubilizar com mais facilidade o amido e maior ação das enzimas sobre os mesmos. Não pode ser moído finamente para evitar entupimento durante a filtração e aumentar a

	concentração de taninos, presente na casca, que confere amargor indesejável.
<b>Grupo 4</b>	Tem a finalidade de expor os amidos presente no interior do malte, aumentando o rendimento do mosto. Não pode moer finamente, porque as cascas do malte são utilizadas como meio filtrante, para o mosto durante a separação deste das cascas.
<b>Questão 3: Descreva duas enzimas presente no malte e suas principais funções?</b>	
<b>Grupo 1</b>	$\alpha$ -amilase – hidrólise da cadeia de amido nas posições $\alpha$ (1-4), $\beta$ -amilase hidrólise da cadeia de amido nas posições $\alpha$ (1-6).
<b>Grupo 2</b>	$\alpha$ -amilase- hidrólise do amido nas posições $\alpha$ (1,4) e $\beta$ amilase – hidrólise do amido nas $\alpha$ (1-6).
<b>Grupo 3</b>	$\alpha$ -amilase- hidrólise do amido nas posições $\alpha$ (1,4) e $\beta$ amilase – hidrólise do amido nas $\alpha$ (1-6).
<b>Grupo 4</b>	$\alpha$ -amilase- hidrólise do amido nas posições $\alpha$ (1,4) e $\beta$ amilase – hidrólise do amido nas $\alpha$ (1-6).
<b>Questão 4: Qual a função de manter o mosto em agitação constante durante o processo de mostura?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Para ajudar o processo hidrólise do amido
<b>Grupo 2</b>	Para manter uniforme a temperatura do mosto durante o processo de atuação enzimática e ajudar na hidrólise do amido.
<b>Grupo 3</b>	Para manter uniforme a temperatura do mosto durante o processo de atuação enzimática e ajudar na hidrólise do amido.
<b>Grupo 4</b>	Para manter uniforme a temperatura do mosto durante o processo de atuação enzimática e ajudar na hidrólise do amido.
<b>Questão 5: Para que serve a solução de iodo a 0,2 % no processo de mostura?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Para verificar se ocorreu a hidrólise do amido. O amido na presença do iodo aparece a coloração azulada; quando não tem amido, a solução torna-se amarela
<b>Grupo 2</b>	Para confirmar a ausência de amido no mosto. Na presença de iodo torna-se azul.
<b>Grupo 3</b>	Para verificar se houve atuação enzimática através da hidrólise do amido. A solução de iodo a 2% é um indicador que torna-se azul escuro na presença de amido.
<b>Grupo 4</b>	A solução de iodo a 2% é um indicador durante a mostura. O amido na presença de iodo toma uma coloração azulada e na ausência um tom amarelado.
<b>Questão 6: Por que elevar a temperatura da mostura a 78 °C no final do processo?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Para inativação das enzimas presente no mosto.
<b>Grupo 2</b>	Para inativar as enzimas do malte.
<b>Grupo 3</b>	Para inativação das enzimas presente no mosto.
<b>Grupo 4</b>	Para inativação das enzimas do mosto
<b>Questão 7: Qual a função do lúpulo na cerveja?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Para dar o amargor da cerveja.
<b>Grupo 2</b>	Tem função bactericida e principalmente para dar amargor a cerveja.



<b>Grupo 3</b>	Tem a função de dar amargor e aroma à cerveja.
<b>Grupo 4</b>	O lúpulo confere amargor e aroma a cerveja.
<b>Questão 8: Descreva três funções da fervura do mosto?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Coagulação de proteínas, promover a reação de Maillard e esterilização do mosto.
<b>Grupo 2</b>	Inativação da atividade enzimática, coagulação de proteínas e ajustar concentração do mosto.
<b>Grupo 3</b>	Coagulação de proteínas, isomerificação do lúpulo, esterilização do mosto.
<b>Grupo 4</b>	Concentração do mosto, esterilização do mosto e coagulação de proteínas.
<b>Questão 9: Qual a principal função do cloreto de cálcio na produção da cerveja?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Ajuda na floculação da levedura
<b>Grupo 2</b>	Tem importância durante a atuação enzimática e ajuda na floculação da levedura.
<b>Grupo 3</b>	Tem a função de ajudar na floculação da levedura
<b>Grupo 4</b>	O cloreto de cálcio ajuda na floculação da levedura quando termina a fermentação
<b>Questão 10: Qual a função da levedura cervejeira? Descreva sua principal reação.</b>	
<b>Grupo 1</b>	É o microorganismo responsável pela fermentação do mosto cervejeiro. Reação principal: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
<b>Grupo 2</b>	A levedura é responsável pela transformação do açúcar presente no mosto em álcool e gás carbônico. Reação principal: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
<b>Grupo 3</b>	A levedura é responsável pela fermentação do mosto cervejeiro. Reação principal: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
<b>Grupo 4</b>	A levedura cervejeira é responsável pela transformação do açúcar do malte em álcool e gás carbônico. Reação principal: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
<b>Questão 11: Descreva duas finalidades para a filtração da cerveja?</b>	
<b>Grupo 1</b>	Eliminação da levedura cervejeira, e para dar brilho final,
<b>Grupo 2</b>	Eliminação de microorganismo e para dar o brilho da cerveja
<b>Grupo 3</b>	Eliminação da levedura e para abrilhantar a cerveja
<b>Grupo 4</b>	Eliminação de microorganismos e para dar brilho.
<b>Questão 12: Descreva para que serve e como é o processo de pasteurização? Qual a diferença entre chopp e cerveja?</b>	
<b>Grupo 1</b>	A pasteurização tem a função de inativação de enzimas e eliminação de microorganismos. É um processo de tratamento térmico, onde o produto é exposto a temperaturas iguais ou superiores a 60 °C. A diferença entre chopp e cerveja é que a cerveja é pasteurizada e o chopp não.
<b>Grupo 2</b>	A pasteurização é um processo térmico onde se eleva a temperatura a 60 °C ou mais com intuito de eliminar possíveis microorganismos presentes. A diferença da cerveja para o chopp é que a cerveja é pasteurizada e o chopp não.
<b>Grupo 3</b>	A pasteurização serve para aumentar a validade de um produto através da eliminação dos microorganismos presentes pela ação da elevação da temperatura para 60 °C ou mais. A diferença entre o chopp e a cerveja é que a cerveja sofre o processo de pasteurização.

<b>Grupo 4</b>	<p>A pasteurização tem a função de prevenir as cerveja envasadas de alterações por contaminações, através de um tratamento térmico, elevando a cerveja a temperatura de 60 °C. Cada 1 minuto a essa temperatura equivale a uma unidade de pasteurização, na pasteurização da cerveja procede-se com no mínimo 10 minutos a 60 °C (ou 10 Unidade de pasteurização). A diferença entre a cerveja e o chopp é que o chopp não sofre o processo de pasteurização.</p>
----------------	---

## 8. Conclusões

Com este trabalho foi possível colaborar no suporte à disciplina Tecnologia das Fermentações, formando uma parceria com a professora regente que não possuía experiência na indústria cervejeira, para a qualificação dos conteúdos didáticos no sentido de mostrar para os alunos do curso Técnico de Alimentos, o que irão encontrar no mercado de trabalho, por meio de uma experiência na área de bebidas fermentadas. Os conteúdos teóricos sobre a tecnologia cervejeira, apresentados durante o seminário e descritos nos aspectos teóricos deste trabalho, foram, segundo a professora regente, importantes porque desmistificou o processo de produção da cerveja utilizado pelas indústrias cervejeiras e aumentou o conhecimento dela, como professora regente, dos conteúdos inerentes a tecnologia cervejeira.

Acredito que esta experiência didática por meio da preparação de aulas práticas de produção de cerveja em laboratório, que foi considerada pela professora regente muito importante para o crescimento profissional dos estudantes, que anteriormente não conseguia a preparação da prática por falta de conhecimento específico das técnicas de preparação da cerveja, tornou o conteúdo da disciplina Tecnologia das Fermentações mais rico, possibilitando aos alunos tomarem conhecimento do processo de produção de cerveja, utilizado nas indústrias cervejeiras. Através do seminário apresentado e da realização da prática de produção de cerveja em laboratório, pudemos apresentar aos alunos as principais matérias-primas e a levedura responsável pela produção de cerveja. Acreditamos, com isso, ter despertado o interesse dos alunos de cursos técnicos da área de Química, para o mercado de trabalho das indústrias que tratam de processos fermentativos, como os das indústrias de produção de cerveja. Com este trabalho tivemos a oportunidade de levantar a discussão sobre as questões sociais envolvidas no uso excessivo de bebidas alcoólicas, através do debate realizado sobre esse assunto. Acreditamos que com esse debate, onde levantamos a discussão sobre os malefícios do uso excessivo de bebidas alcoólicas e lembramos de exemplos como acidentes automobilísticos que ocorreram devido ao abuso do álcool,

apresentando aos alunos dados levantados por Abramovay & Castro (2002) e pelo CEBRID (2003) sobre os problemas causados pelo alcoolismo, ajudamos na construção do censo crítico dos alunos e na percepção deles para ter responsabilidade para fazer uso de bebidas alcoólicas.

## **9. Considerações finais**

Este trabalho teve como público alvo, alunos de escolas técnicas, e que fossem ministrados em seus cursos, disciplinas sobre Tecnologia das Fermentações, como é o caso dos cursos técnicos de Alimentos e Biotecnologia do CEFETQuímica. Entretanto acreditamos que o tema, também, possa ser abordado no Ensino Médio de qualquer outra escola, tendo em vista a interdisciplinaridade do tema proposto. Segundo Pinheiro e colaboradores (2003), o tema pode ser aprofundado de diversas maneiras nas aulas de Química, envolvendo atividades em alambiques, indústrias, centros de pesquisa, supermercados e outros pontos de venda da bebida; análise de rótulos; debate sobre efeitos benéficos e maléficos do consumo: interações entre o álcool (e outros constituintes) e o organismo humano, o prazer do bem beber (função antitristeza, antitédio e preocupações, a face festiva da refeição, a compensação da miserabilidade etc.), os limites do beber em demasia (violência, dependência, alcoolismo, acidentes etc.), preconceitos e outros significados (PINHEIRO, 2003).

Durante a realização deste trabalho, percebi que para ministrar uma aula, além de um profundo conhecimento sobre o assunto a ser tratado, é necessário que se tenha dedicação e boa vontade para exposição de um determinado tema. Eu nunca tive experiências na área de ensino, a não ser pelo estágio e pelas aulas práticas que tive na disciplina de Prática de Ensino, que realizei durante o curso de Licenciatura em Química e que acredito ter sido de extrema importância esse meu primeiro contato com o aluno. O Curso de Licenciatura em Química ajudou no meu desenvolvimento profissional e como pessoa, pois aprendi muito, principalmente com as disciplinas voltadas para a Prática de Ensino, de Didática e Psicologia. Durante a realização deste trabalho tive a oportunidade de colocar em prática muito do que aprendi com essas disciplinas, pois tive a oportunidade de desenvolver na prática, uma aula experimental para alunos de nível médio de uma escola Técnica Federal. A experiência educacional demonstrado por meus professores orientadores e pela própria professora regente da disciplina de Tecnologia das Fermentações do Centro Federal de

Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – RJ foram extremamente importantes, me ajudando profundamente na concretização deste trabalho.

Acredito que com os conhecimentos adquiridos durante o curso de Licenciatura em Química, com o estágio que realizei e com este trabalho desenvolvido ao longo desse ano, pude adquirir confiança para lecionar o ensino da Química. No próximo ano pretendo iniciar-me como professor e certamente utilizarei este trabalho para desenvolver aulas práticas à meus alunos. Acredito que o ensino da Química deve ser o mais prático possível, pois dessa forma torna o aprendizado mais agradável e interessante e, portanto, melhor assimilado pelos alunos. As aulas práticas permitem que os alunos façam uma correlação da teoria aprendida na sala de aula com o que existe fora da sala de aula, desenvolvendo o conhecimento e o senso crítico, que configura como um dos objetivos da Escola.

## **10. Anexos**

### **10.1 Seminário apresentado para os alunos do 7º e 8º períodos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade Maracanã, do Curso Técnico de Alimentos e Biotecnologia.**

Assunto tratado: Processo de produção de cerveja

Objetivo: Descrever para os alunos o processo de produção de cerveja realizado nas indústrias, bem como a descrição das matérias-primas e microorganismo utilizados.

Tempo previsto da apresentação: 60 minutos

Número de Alunos: 25

Recurso didático utilizado: Data show

1. Histórico
2. Definição de cerveja
3. Matéria prima
4. Processos de Produção do mosto cervejeiro
  - 4.1- Moagem do Malte
  - 4.2- Mostura
  - 4.3- Clarificação do mosto
  - 4.4- Fervura
  - 4.5- Wirpool (Centrifugação/decantação de coágulos do mosto)
  - 4.6- Resfriamento do mosto
5. Fermentação do mosto
  - 5.1- Levedura e produtos de excreção
  - 5.2- Maturação
  - 5.3- Tanques de fermentação e maturação
6. Filtração da cerveja
7. Envase
  - 7.1- Diferença de cerveja x chopp
8. Tipos (estilos) de cerveja
9. Análise sensorial
10. Considerações finais

## **10.2 Roteiro da Prática de fermentação de cerveja tipo Ale realizada por grupos de alunos do curso Técnico de Alimentos, nos laboratórios do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade Maracanã.**

Objetivo: Replicar em laboratório o processo de produção de cerveja realizado nas indústrias;

Tempo de Aula: 4 tempos de 50 minutos;

Série: 7º e 8º períodos;

Curso: Curso Técnico em Alimentos;

Número de alunos: 16 (4 grupos de 4 alunos)

### **Experimento:**

#### **1) Materiais e Reagentes**

Placa de aquecimento com agitador magnético, béquer de 1 litro, Funil de Büchner, bastão de vidro, papel indicador universal, erlenmeyer de 2 litros, termômetro, proveta de 500 mL, rolha de algodão cardado, placa de Petri, banho de gelo, solução de iodo 2%, 15 g levedura cervejeira de alta fermentação, 450 g de malte Pilsen, 5 g de malte chocolate, 1 g de malte black, 1 g de lúpulo de amargor tipo Nugget; 0,5 g de lúpulo de aroma tipo Halertau, 0,5 g de cloreto de cálcio.

#### **2) Procedimento**

Moer 450 g de malte Pilsen, 5 g de malte Chocolate e 1 g de malte Black.

Adicionar 800 mL de água a béquer de 1 litro e aquecer a 50°C em chapa de aquecimento com agitador magnético.

Adicionar o cloreto de cálcio.

Acrescentar o malte moído e manter em agitação constante.

Com o auxílio de um termômetro, elevar a temperatura para 52°C e manter sob agitação por 5 minutos. Medir o pH da solução através do indicador universal.

Após o repouso de 5 minutos a 52 °C, elevar a temperatura do material do béquer para 68 °C e manter sob agitação por 35 minutos.

Após 5 e 30 minutos a 68 °C , verificar se ocorreu a açucaração do amido através do teste com solução de iodo 2%.

**OBS:** A produção de coloração amarelada indica que o processo de hidrólise do amido ocorreu; a produção de coloração marrom indica a presença de amido não hidrolisado.

Aquecer 2 litros de água a cerca de 78°C e reservar.

Elevar a temperatura do material do béquer para 77°C e manter sob agitação por 3 minutos.

Filtrar o mosto utilizando o funil de Büchner.

Retornar o filtrado até obtenção de uma solução límpida (mosto primário).

Medir o teor de açúcar do mosto primário através do densímetro de Brix.

Lavar o bagaço do malte, utilizando a água a 78 °C reservada, recolhendo a água de lavagem junto ao mosto primário até que se atinja um extrato entre 10,5 – 11,0 °Brix (ou °Plato para a cerveja).

Adicionar 1 g de lúpulo Nugget e ferver a mistura por 60 minutos.

**OBS:** tomar cuidado para não derramar o mosto durante a fervura devido a grande formação de espuma.

Medir o extrato do mosto depois da fervura e corrigir com adição de água para que tenhamos uma concentração de 11,00 – 12,50 °P.

Adicionar 0,5 g de lúpulo de aroma Hallertau.

Deixar o mosto fervido repousando por 20 minutos para separar o mosto límpido do lúpulo e de proteínas coaguladas (TRUB).

Separar o mosto límpido do Trub, transferindo o mosto límpido para um erlenmeyer de 2 litros.

Resfriar até 20°C utilizando um banho de gelo.

Adicionar assepticamente, próximo à chama do bico de Bunsen 15 g de fermento Ale.

Tampar o fermentador com uma rolha de algodão cardado e manter em banho maria a T = 20-25°C por cerca de 2 dias.

Transferir o mosto fermentado para garrafas de 600 mL e tampá-las deixando um espaço de 5 cm.

Guardar o mosto fermentado engarrafado na temperatura de 5-10°C por 10 dias.

Aquecer a cerveja em banho-maria a 63°C por 20 minutos. Resfriar logo após até a temperatura ambiente.

Submeter a cerveja a análise sensorial, análise de álcool, extrato seco aparente e pH.

### 10.3 Medição de Extrato Aparente pelo Sacarímetro

Objetivo: Determinação da concentração de sólidos dissolvidos no mosto e na cerveja.

#### *A) Equipamentos:*

- A.1) Sacarímetro.
- A.2) Erlenmeyer de 500 mL de capacidade.
- A.3) Cilindro longo de 300 mL.

#### *B) Reagentes: não há.*

#### *C) Procedimento Analítico:*

##### **Parte A: Medição em mosto**

- A.1) Filtrar o mosto até obter líquido límpido.
- A.2) Temperá-lo próximo de 20°C (+ / - 0,1 °C).
- A.3) Limpar sacarímetro e cilindro de forma a desgordurar totalmente a vidraria.
- A.4) Após a amostra de mosto estar a 20°C, encher o cilindro com a amostra, de forma a permitir a total imersão do sacarímetro e transbordamento da amostra.
- A.5) Assim que o sacarímetro alcançar o equilíbrio, adicionar uma pequena quantidade de amostra ao cilindro, sem grande oscilação do sacarímetro.
- A.6) Fazer a leitura na escala da haste superior do sacarímetro, utilizando a parte superior do menisco.
- A.7) Se as leituras não forem efetuadas à 20°C, aplique a tabela de correção de temperatura.
- A.8) Os dados devem ser reportados em °P, com uma casa decimal.

##### **Parte B: Medição em cerveja**

- B.1) Descarbonatar a cerveja e temperá-la próximo de 20°C (+ / - 0,1 °C).
- B.2) Se necessário, filtrar a cerveja através de papel de filtro apropriado.
- B.3) Limpar sacarímetro e cilindro de forma a desgordurar totalmente a vidraria.
- B.4) Após a amostra de cerveja estar a 20°C, encher o cilindro com a amostra, de forma a permitir a total imersão do sacarímetro e transbordamento da amostra.



B.5) Assim que o sacarímetro alcançar o equilíbrio, adicionar uma pequena quantidade de amostra ao cilindro, sem grande oscilação do sacarímetro.

B.6) Fazer a leitura na escala da haste superior do sacarímetro, utilizando a parte superior do menisco.

B.7) Se as leituras não forem efetuadas à 20°C, aplique a tabela de correção de temperatura.

B.8) Os dados devem ser reportados em °P, com uma casa decimal.

#### **10.4 Prova de Iodo**

Objetivo: Determinar visualmente a presença de amido no mosto através da coloração do amido em presença de iodo.

A) Equipamentos:

Azulejo branco ou placa de petri.

B) Reagentes:

Solução alcoólica de iodo a 0,2 %.

C) Procedimento Analítico:

C1) Colocar 10 ml do mosto a ser analisado sobre a superfície do azulejo branco;

C2) Adicionar 3 gotas da solução de iodo;

C3) Avaliar visualmente a coloração formada.

C4) Expressar o resultados como: Normal se não apresentar qualquer tom azulado e Anormal se apresentar qualquer tom azulado.

#### **10.5 Análise Sensorial**

Objetivo: Realizar análise sensorial através das principais atribuições observadas na tabela 3 abaixo.

**Tabela 5.** Lista dos termos descritivos para análise sensorial de cervejas com suas respectivas definições e referências.

<b>Termos Descritivos</b>	<b>Definições</b>	<b>Referências</b>
---------------------------	-------------------	--------------------

<b>Cor da Cerveja</b>	Intensidade variando do amarelo claro ao marrom	Padrão Claro: cerveja tipo Pilsen de marca comercial Padrão escuro: 100 ml de cerveja tipo pilsen, adicionada de 2 mL de corante caramelo
<b>Aroma de Levedura</b>	Aroma proveniente do processo fermentativo	Padrão de intensidade forte: 2,5 de fermento biológico em 100 mL de cerveja tipo Pilsen. Padrão de intensidade fraco: 1 g de fermento biológico em 100 mL de cerveja tipo Pilsen.
<b>Aroma de Papelão</b>	Aroma resultante do envelhecimento da cerveja	100 mL de cerveja tipo Pilsen adicionada de oito pedaços de papelão com 4 cm de largura e 4 cm de comprimento, por 30 minutos.
<b>Aroma de Diacetil</b>	Aroma amanteigado	1 g de diacetil em 100 mL de cerveja tipo Pilsen.
<b>Aroma de Fruta</b>	Aroma que lembra fruta	1 mL de acetato de etila em 100 mL de cerveja tipo Pilsen.
<b>Sabor Oxidado</b>	Cerveja envelhecida	Cerveja colocada em estufa a 40 °C, por 24 h (baixa intensidade)
<b>Gosto Doce</b>	Gosto primário	5 g de açúcar em 360 mL de cerveja tipo pilsen
<b>Gosto Amargo</b>	Gosto primário, promovido pelo lúpulo	1/4 de lúpulo em "pellet" em 500 mL de cerveja, por 30 minutos
<b>Carbonatação</b>	Sensação gasosa no palato, promovida pelo CO <sub>2</sub>	Cerveja descarbonatada ou regular

Fonte: (SINDICERV, 2008).

## 10.6 – Questionário sobre fermentação de cerveja, aplicado aos grupos de alunos do curso Técnico em Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ, unidade Maracanã.

### Matéria Prima

- 1- Quais as principais matérias primas de uma cerveja?
- 2- Qual a finalidade da moagem e porque não podemos moer finamente o malte?
- 3- Descreva duas enzimas presente no malte e suas principais funções?

### Mostura

- 4- Qual a função de manter o mosto em agitação constante, durante o processo de mostura?
- 5- Para que serve a solução de iodo a 2 % no processo de mostura?
- 6- Por que elevar a temperatura da mostura a 78 °C no final do processo?

#### Fervura

- 7- Qual a função do lúpulo na cerveja?
- 8- Descreva três funções da fervura do mosto?

#### Fermentação

- 9- Qual a principal função do cloreto de cálcio na produção da cerveja?
- 10- Qual a função da levedura cervejeira? Descreva sua principal reação.

#### Filtração da cerveja

- 11- Descreva duas finalidades para a filtração da cerveja?
- 12- Descreva para que serve e como é o processo de pasteurização? Qual a diferença entre chopp e cerveja?

## 11. Referências

ABRAMOVAY, M.; CASTRO, M. G. **Substâncias Psicoativas nas Escolas**. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura /UNESCO, p.5 – 37, 2002.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/sicon/ExecutaPesquisaLegislacao.action>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

BRASIL. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. Fixa diretrizes e bases para o ensino de primeiro e segundo graus, e da outras providências. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/sicon/ExecutaPesquisaLegislacao.action>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

BRASIL. Resolução CEB nº 3, de 26 de junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03\\_98.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03_98.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2008

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, Brasília, 2000.

CARLINI E.; NOTO, A.; MATTEI, R.; GALDUROZ, J. et al. **V Levantamento Nacional sobre o Consumo de Drogas Psicotrópicas entre Estudantes do Ensino Fundamental e Médio da Rede Pública de Ensino nas 27 Capitais Brasileiras – 2004**. Universidade Federal de São Paulo/Departamento de Psicobiologia /CEBRID, p. 3 – 28, 2004.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis/RJ. Disponível em: <[http://www.cefeteq.br/conselhodiretor/arquivos/PDI\\_2005\\_2009.pdf](http://www.cefeteq.br/conselhodiretor/arquivos/PDI_2005_2009.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2008.

CEBRID, **Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicoativas**, Livreto informativo sobre drogas psicotrópicas, p. 3 – 25, 2003.

COBRACEM. Associação Brasileira de Cervejeiros e Malteiros. Disponível em: <<http://www.cobracem.com.br/portal/subcategorias.asp?id=10&sistema=Artigo>> Acesso em: 20 abr. 2007.

CORREA, P.R.M.; DAZZANI, M.; MARCONDOS, M.E.R. et al. A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: Vencendo o desafio da integração de conteúdos no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**. n. 19, p. 19 – 23, 2004.

DIÁRIO OFICIAL. **Regulamento da Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Dos registros, da classificação, da padronização e da rotulagem das bebidas alcoólicas fermentadas – Cerveja**; Brasília, Capítulo II, Art. 64 – 71, p. 19549 – 19554, 1997.

FERREIRA, E. C; MONTES, R. A química da produção de bebidas alcoólicas. **Química Nova na Escola**. n. 10, p. 50 – 51, 1999.

KUNZE, W. **Tecnologia para Cerveceros y Malteros**. 1. ed en español, Berlin: VLB, 2006, p. 35-109.

PINHEIRO, P.C.; LEAL, M.C.; ARAÚJO, D.A; Origem, produção e composição química da cachaça. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 3 – 8, 2003.

SCALETISKY, E. C. et al. **Iniciando na pesquisa: Manual para elaboração da monografia e projetos de iniciação científica**. 3. ed., Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições Ltda, 2002, p. 7-49.

SINDICERV. Disponível em: < <http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>.> Acesso em: 3 nov. 2008.

STANBURNY, P.F. et al. **Principles of fermentation technology**. Oxford: Elsevier, 1994, p.13 – 33.

STANDAGE, T. **História do mundo em 6 copos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005, p. 9 – 38.

STEWART, G. G.; RUSSEL, I. **An Introduction to Brewing Science & Technology. Series III – Brewer's Yeast.** London: The Tnstitute of Brewing, 1998, p. 3- 59.

TIEDEMANN, P.W. **Conteúdos de química em livros didáticos de ciências e educação,** São Paulo: Ciência & educação, v. 5, n.2, p. 15 – 22, 1998.

VARNAM, A. & SUTHERLAND, J. P. **Bebidas – Tecnologia, Química y Microbiología. Série Alimentos Básicos 2.** Madrid: Editorial Acribia S.A., 1993, p.307 – 375.